

관-보 조합 구조물의 진동인텐시티 해석 및 가시화에 관한 연구

Structural Intensity Analysis of Plate Structures Stiffened by Beams and Its Visualization

김경수* · 조대승† · 최태목**

Kyung-Soo Kim, Dae-Seung Cho and Tae-Muk Choi

기 호 설 명

u, v, w : x -, y -, z -축 방향 병진 변위
 $\theta_x, \theta_y, \theta_z$: x -, y -, z -축에 대한 각 변위
 N_x, N_y : 축력
 N_{xy}, N_{yx} : 면내 전단력
 Q_x, Q_y, Q_z : 전단력
 M_x, M_y, M_z : 굽힘 모멘트
 T_x, T_y : 비틀 모멘트
 \vec{i}, \vec{j} : x -, y -축 방향 단위벡터
 상첨자 \cdot : 시간 미분

2. 판과 보 요소의 진동인텐시티 산식

관-보 조합 구조의 보 부재를 구현하기 위한 1차원 보 요소의 정상상태 순간 진동인텐시티는 보에 작용하는 축력, 전단력, 굽힘모멘트 및 비틀 모멘트 및 이에 대응하는 속도와의 곱으로 다음과 같이 산정된다⁽¹⁾.

$$I(x, y, t)_{beam} = -(N_x \dot{u} + Q_y \dot{v} + Q_z \dot{w} + M_y \dot{\theta}_y + M_z \dot{\theta}_z + T_x \dot{\theta}_x) \quad (1)$$

또한, 2차원 판 요소의 정상상태 순간 진동인텐시티는 다음과 같이 정의된다.

$$\vec{I}(x, y, t)_{plate} = I_x(x, y, t) \vec{i} + I_y(x, y, t) \vec{j} \quad (2)$$

여기서,

$$I_x(x, y, t) = -(N_x \dot{u} + N_{xy} \dot{v} + Q_x \dot{w} - M_x \dot{\theta}_y + T_x \dot{\theta}_x) \quad (3)$$

$$I_y(x, y, t) = -(N_y \dot{v} + N_{yx} \dot{u} + Q_y \dot{w} + M_y \dot{\theta}_z - T_y \dot{\theta}_y) \quad (4)$$

한편, 시간 평균 진동인텐시티는 정상상태 순간 진동인텐시티를 주기 τ 동안의 평균값을 계산하여 산정한다.

1. 서 론

선박, 해양구조물과 같이 보강판을 기본 구조로 하는 대형 구조물의 동적 구조응답 해석을 유한요소법으로 수행할 경우 모델링 부담 및 자유도 크기 등을 고려하여 판의 보강 부재인 거더, 웨브 등은 1차원 보 요소로 모델링하는 것이 일반적이다.

따라서, 기진원으로부터 입력된 진동 에너지의 전달 경로와 소산 기구 규명 등에 활용되고 있는 진동인텐시티 (Structural intensity; SI) 해석에 있어서도 2차원 판 요소와 1차원 보 요소를 동시에 고려한 진동인텐시티 해석과 가시화 기술이 요구되나, 이에 관한 선행 연구 사례는 찾아보기 어렵다.

본 연구에서는 범용 유한요소해석 프로그램인 MSC/Nastran를 이용하여 판과 보 요소로 구성된 구조물의 진동인텐시티 해석 및 가시화 시스템을 개발하였다. 또한, 이의 타당성은 직교 보강판에 대한 수치해석을 수행하여 검토하였다.

3. 진동인텐시티 해석 및 가시화 시스템

유한요소법을 이용한 관-보 조합 구조의 진동인텐시티 해석 및 결과 가시화를 위한 시스템은 Fig. 1에 보인 바와 같이 범용 유한요소해석 프로그램인 MSC/Nastran과 이의 전후처리 프로그램인 MSC/Patran 및 진동인텐시티 산정을 위해 자체 개발한 프로그램으로 구성하였다.

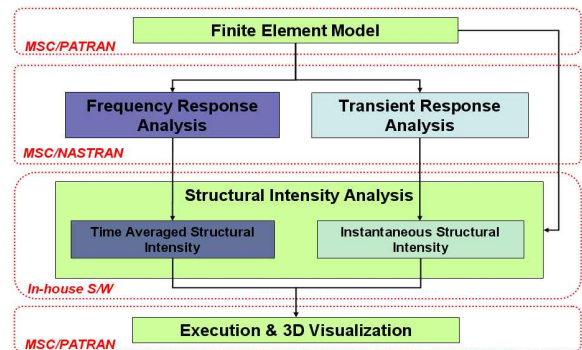


Fig. 1 Structural intensity analysis and visualization system

† 교신저자; 부산대학교 조선해양공학과
 E-mail : daecho@pusan.ac.kr
 Tel : (051) 510-242, Fax : (051) 512-8836

* 부산대학교 조선해양공학과

** (주)크리에이티브

4. 수치해석 및 고찰

본 연구에서 적용한 1차원 보요소와 2차원 판 요소로 모델링된 판-보 조합구조에 대한 진동인텐시티 해석 정확도를 검증하기 위해 길이 2,400mm, 폭 1,600mm, 두께 8mm인 평판에 높이 60mm, 두께 3mm인 보강재가 평판 중앙부에 직교 배치된 강재 보강판에 대한 수치해석을 수행하였다. 이때, 경계조건은 사변 단순지지로 설정하였다.

직교 보강판의 평판부는 판요소로 모델링하되 보강재를 판 요소로 모델링한 경우 (Model A)와 보요소로 모델링한 경우 (Model B)에 대해 기본 고유진동수인 19.32 Hz에서 단위 기진력으로 가진한 경우의 시간평균 진동인텐시티 해석 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 이로부터 Model A와 Model B의 진동에너지 흐름 양상이 매우 유사함을 확인할 수 있다.

한편, Fig. 3에는 Model A와 Model B로 각각 평가한 종 및 수평 방향 보강재 요소 부분의 진동인텐시티 크기를 나타내었는데 그 차이는 Model A의 결과 기준 최대 1.63%, 평균 0.43%으로서 보강재를 1차원 보요소로 모델링한 결과와 2차원 판요소로 모델링한 결과의 부합성이 매우 높음을 확인할 수 있다.

상기 결과로부터 본 연구에서 제시한 보강재 부분을 1차원 보 요소로 모델링한 판-보 조합구조에 대한 진동인텐시티 해석 및 가시화 방법은 타당하다고 평가한다.

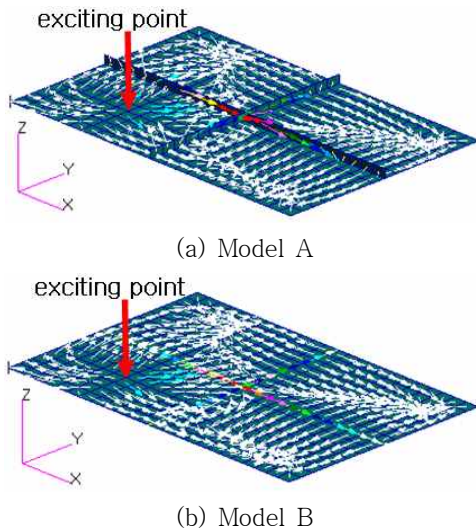


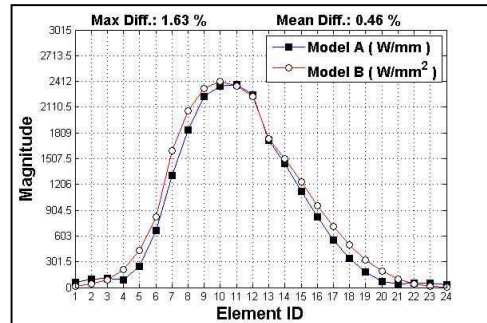
Fig. 2. Time averaged SI of the cross-stiffened plate excited at 19.32 Hz

5. 결 론

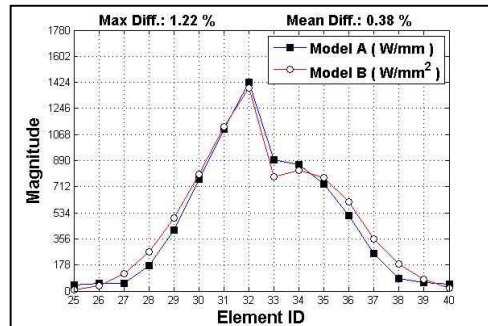
본 연구에서는 유한요소법 적용 시 판 및 보 요소로 모델링된 판-보 조합 구조물의 진동인텐시티 해석 및 가시화 시

스템을 개발하고, 직교 보강판에 대한 수치해석을 수행하여 이의 타당성을 검증하였다.

개발된 시스템은 선박, 해양구조물과 같은 보강판을 기본 부재로 하는 대형 구조물의 진동인텐시티 해석 및 이의 저진동 설계에 유용하게 활용될 수 있다고 사료한다.



(a) Longitudinal stiffener



(b) Transverse stiffener

Fig. 3. SI magnitudes at two stiffeners

후 기

본 연구는 한국과학재단 지정 첨단조선공학연구센터의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- (1) Hambric, S.A., 1990. "Power flow and mechanical intensity calculations in structural finite element analysis," J. of Vibration and Acoustics ASME, 112, pp. 542-549.
- (2) C.S. Hong, 2001. "A Technique for Calculations of Power Flow in Structures Using MSC/NASTRAN and PCL," Trans. of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 11, No. 8, pp. 303-313.
- (3) B.H. Kim, M.S. Lee and D.S.Cho, 2005. "An Analysis and Visualization System for Ship Structural Intensity Using a General Purpose FEA Program," J. of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 42, No. 5, pp. 487-492.